Détermination des longueurs d'onde H_α, H_β et H_γ de la série de *Balmer* de l'hydrogène

Objectifs expérimentaux

- Observation des raies du spectre de l'hydrogène atomique avec un réseau haute résolution.
- Mesure des longueurs d'onde H_α, H_β et H_γ de la série de Balmer.
- Détermination de la constante de *Rydberg* R_∞.

Notions de base

Le spectre d'émission de l'hydrogène atomique contient dans le domaine visible les raies H_α, H_β, et H_γ qui se poursuivent en une série complète dans l'ultraviolet. En 1885, *Balmer* posa la formule empirique

$$\nu = R_\infty \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2}\right),\ m\text{: } 3, 4, 5, \ldots \qquad \text{(I)}$$

$R_\infty = 3{,}2899 \cdot 10^{15}\ s^{-1}$: constante de *Rydberg*

pour les fréquences de cette série; cette formule a pu être expliquée plus tard par le modèle atomique de *Bohr* (voir fig. 1).

Dans l'expérience, une lampe de Balmer remplie de vapeur d'eau sert à l'excitation du spectre d'émission. A l'intérieur de la lampe, les molécules d'eau sont scindées par décharge électrique en hydrogène atomique excité et en hydroxyle. On détermine les longueurs d'onde des raies H_α, H_β et H_γ avec un réseau haute résolution. Dans le premier ordre de diffraction du réseau, on a la relation

$$\lambda = d \cdot \sin \vartheta \qquad \text{(II)}.$$

d: constante du réseau

entre la longueur d'onde λ et l'angle d'observation ϑ.

Les valeurs mesurées sont comparées avec les fréquences calculées selon la formule de Balmer (I).

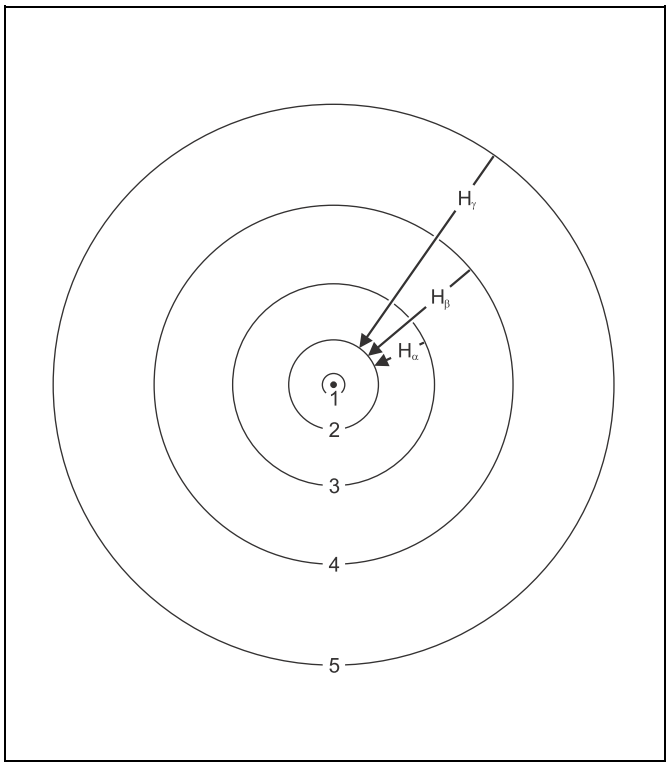


Fig. 1 *Modèle atomique de Bohr* de l'hydrogène avec des transitions de la série de *Balmer* (représentation schématique).

Matériel

1 lampe de Balmer	451 13
1 alimentation pour lampe de Balmer	451 14
1 copie d'un réseau de Rowland	471 23
1 support avec pinces à ressort	460 22
1 lentille f = + 50 mm	460 02
1 lentille f = + 100 mm	460 03
1 fente réglable	460 14
1 écran translucide	441 53
1 petit banc d'optique	460 43
1 pied en V, grand modèle	300 01
6 noix Leybold	301 01
1 mètre ruban, 2 m	311 77

Montage

Note:

Les raies spectrales ne peuvent être observées que dans une pièce parfaitement sombre.

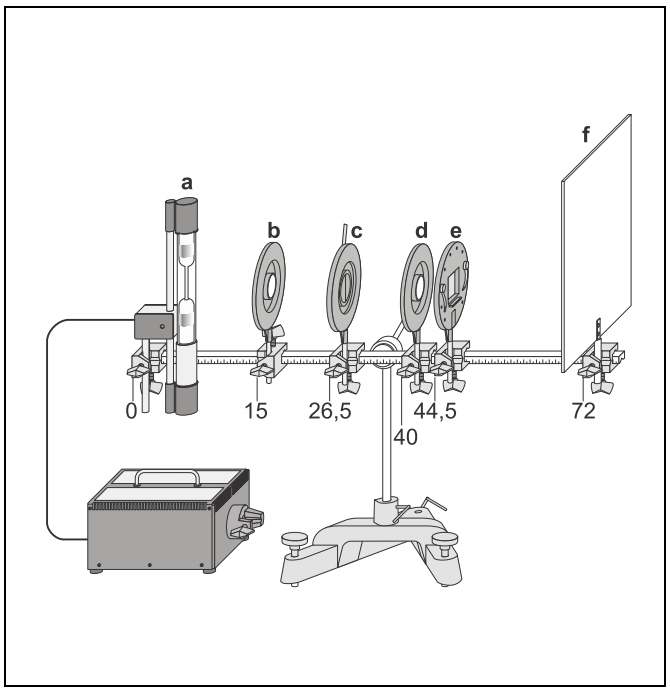
Le montage expérimental est représenté sur les fig. 2 et 3.

Mise en place:

– Installer la lampe de Balmer dans le support conformément aux instructions spécifiées dans le mode d'emploi.
– Monter le petit banc d'optique et fixer les noix Leybold ainsi que représenté sur la fig. 2 tout en faisant pivoter la deuxième noix de 180°.
– Monter le support avec la lampe de Balmer sur le banc d'optique, brancher l'alimentation au réseau et la mettre en route.
– Monter les deux lentilles, la fente réglable et le support avec pinces à ressort et les régler en hauteur.
– Disposer l'écran translucide ainsi que représenté sur la fig. 3.

Ajustage précis:

– Orienter la lampe de Balmer en faisant tourner le support dans la noix Leybold et en déplaçant celui-ci verticalement sur l'axe optique.
– Déplacer la lentille f = 50 mm parallèlement et perpendiculairement à l'axe optique jusqu'à ce que la lampe de Balmer soit projetée avec netteté sur la fente réglable.
– Projeter l'image de la fente avec netteté sur l'écran translucide en déplaçant la lentille f = 100 mm.



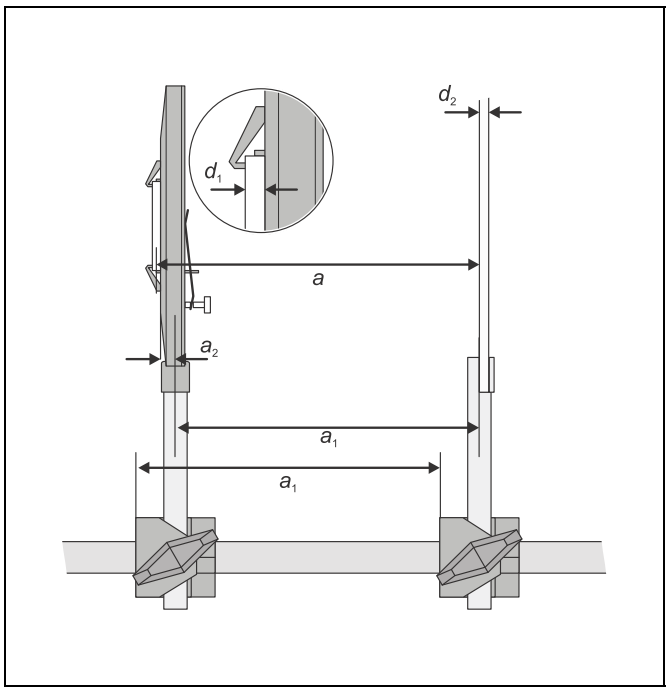


Fig. 2 Montage expérimental pour l'étude de la série de Balmer de l'hydrogène (avec positionnement en cm du bord gauche de la noix sur le banc d'optique).
a Lampe de Balmer
b Lentille de projection f = 50 mm
c Fente réglable
d Lentille de projection f = 100 mm
e Réseau
f Ecran d'observation

Fig. 3 Représentation détaillée avec réseau de Rowland et écran translucide

Conseil de sécurité

L'alimentation pour lampe de Balmer génère des tensions dangereuses en cas de contacts fortuits; ces tensions sont accessibles au niveau des contacts du support tant que la lampe de Balmer n'est pas mise en place.

■ Ne pas brancher l'alimentation au réseau si la lampe de Balmer n'est pas installée dans le support.

Réalisation

- Amener la copie d'un réseau de Rowland dans la marche des rayons.
- Totalement obscurcir la salle de travaux pratiques et observer l'écran translucide en transmission.
- Fermer la fente réglable jusqu'à ce que des raies dissociées apparaissent sur l'écran.
- Eventuellement utiliser un cache en carton pour supprimer la lumière perturbatrice émanant de la lampe de Balmer.
- Marquer sur l'écran la position des raies et de l'ordre de diffraction 0.
- Mesurer sur l'écran l'écartement *b* des raies de l'ordre de diffraction 0.
- Déterminer la distance *a* entre le réseau de Rowland et l'écran translucide (voir fig. 3).

Exemple de mesure

Ecartement du réseau *a*:

Noix 1 – noix 2: $a_1 = 275$ mm

Milieu de la tige – bord du support: $a_2 = 5$ mm

Réseau de Rowland: $d_1 = 2{,}5$ mm

Ecran translucide: $d_2 = 3$ mm

Ecartement des raies:

Tableau 1: Ecartement *b* des raies de l'ordre de diffraction 0 (constante du réseau $g = 600$ mm^{-1})

	$\frac{b}{\text{mm}}$	
Couleur	à gauche	à droite
rouge	121	123
turquoise	89	87
bleu	78	76

Exploitation

Constante du réseau: $d = \frac{1}{g} = 1{,}67\,\mu\text{m}$

Ecartement du réseau (voir fig. 3):

$a = a_1 + a_2 + \frac{d_1}{2} + d_2 = 284$ mm

La fig. 4 donne $\sin\vartheta = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$.

Il s'ensuit avec (II) $\lambda = d \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ et $\nu = \frac{c}{d} \cdot \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b}$

c: vitesse de la lumière dans le vide

Tableau 2: Longueurs d'onde et fréquences des raies observées

Couleur	Raie	$\frac{\lambda}{\text{nm}}$	$\frac{\nu}{\text{THz}}$	$\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$
rouge	H_α	658	456	0,1389
turquoise	H_β	493	608	0,1875
bleu	H_γ	436	688	0,2100

Le tab. 2 comprend les longueurs d'onde et les fréquences déterminées des raies H_α, H_β et H_γ. La fig. 5 montre les fréquences en fonction du terme $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$ dans un diagramme.

La pente de la droite passant par l'origine qui est tracée est $R = 3{,}27 \cdot 10^{15}\,s^{-1}$. Cette valeur correspond tout à fait à la valeur littéraire pour la constante de *Rydberg* (voir ci-dessus).

Résultat

Les fréquences de la série de *Balmer* de l'hydrogène sont données par la formule de *Balmer* émanant directement du modèle atomique de *Bohr*.

Fig. 4 Diffraction par le réseau dans le premier ordre de diffraction.

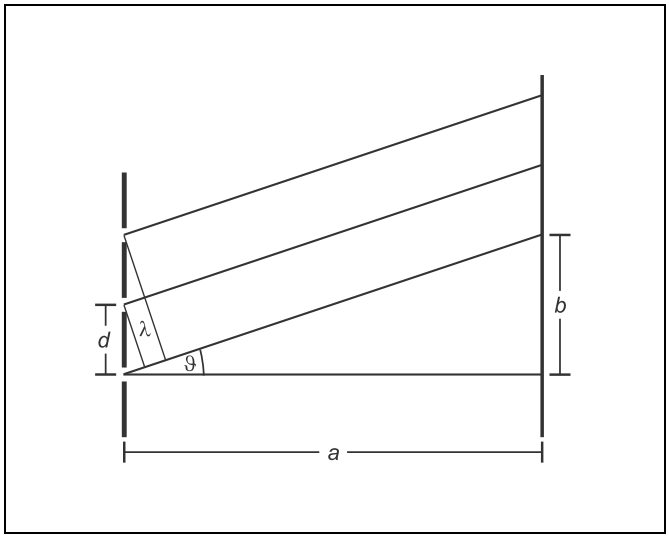
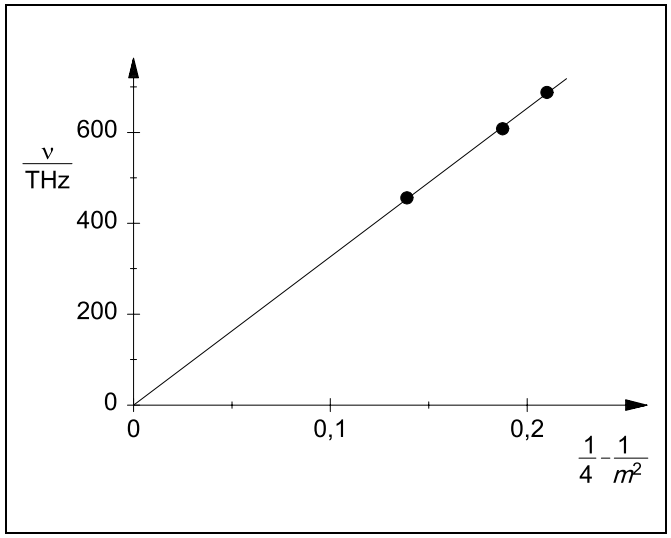


Fig. 5 Fréquences ν en fonction de $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$



© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved